

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-244238

[ST.10/C]:

[JP2002-244238]

出 願 人

Applicant(s):

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

2002年12月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3099058

【書類名】 特許願

【整理番号】 JP9020128

【提出日】 平成14年 8月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 21/10

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県藤沢市桐原町1番地 日本アイ・ビー・エム株式会社 藤沢事業所内

 【氏名】 木坂 正志

【特許出願人】

 【識別番号】 390009531

 【氏名又は名称】 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

 【識別番号】 100086243

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 博

【代理人】

 【識別番号】 100091568

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 市位 嘉宏

【代理人】

 【識別番号】 100108501

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 上野 剛史

【復代理人】

 【識別番号】 100104880

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古部 次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081504

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706050

【包括委任状番号】 9704733

【包括委任状番号】 0207860

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 データ記憶装置、サーボ制御方法およびプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体に対してデータの読み書きを行うためのヘッドの支持および移動を行うアクチュエータと、

前記ヘッドにて前記記録媒体を走査して得られる位置誤差信号をフィードバックし前記アクチュエータの動作を制御するサーボ制御部と、

前記サーボ制御部から送信されたサーボ信号より予め設定された中心周波数成分の利得を低減するノッチフィルタと、

前記アクチュエータの共振周波数と前記ノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出するずれ検出手段と、

前記ずれ検出手段によるずれ検出結果に基づいて前記ノッチフィルタに設定された中心周波数の設定値を変更する変更手段と
を備えることを特徴とするデータ記憶装置。

【請求項 2】 前記ずれ検出手段は、

前記サーボ制御部から送信されたサーボ信号より前記共振周波数に対応した中心周波数成分を通過させるバンドパスフィルタと、

前記共振周波数を含む信号を入力とし、当該信号の当該共振周波数における位相を所定量シフトさせる位相シフタと、

前記バンドパスフィルタを通過した信号と前記位相シフタを通過した信号とを乗算する乗算器と

を有することを特徴とする請求項 1 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 3】 前記ずれ検出手段は、

前記乗算器により乗算された出力結果を平均化する平均化器をさらに有することを特徴とする請求項 2 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 4】 前記位相シフタが、前記所定量として 90° の位相遅れを生じさせるオールパスフィルタからなることを特徴とする請求項 2 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 5】 前記変更手段は、前記乗算器による乗算結果が所定の値を超

えた場合に前記ノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、当該乗算器による乗算結果が所定の値を下回った場合に当該ノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせることを特徴とする請求項 2 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 6】 前記ノッチフィルタは、
前記サーボ制御部から送信された前記サーボ信号を通過させるオールパスフィルタと、
前記オールパスフィルタを通過した信号と当該オールパスフィルタを通過しない前記サーボ信号とを加算する第一の加算器とを含み、
前記バンドパスフィルタは、
前記オールパスフィルタと、
前記オールパスフィルタを通過した信号の負の値と当該オールパスフィルタを通過しない前記サーボ信号とを加算する第二の加算器とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のデータ記憶装置。

【請求項 7】 サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す第一のステップと、
前記共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する第二のステップと、
前記共振周波数側に前記ノッチフィルタの前記中心周波数をシフトさせる第三のステップと
を含むことを特徴とするサーボ制御方法。

【請求項 8】 前記第一のステップでは、
バンドパスフィルタにサーボ信号を通過させることを特徴とする請求項 7 に記載のサーボ制御方法。

【請求項 9】 前記第二のステップでは、取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を 90° 遅らせた遅延信号とを乗算し、
前記第三のステップでは、前記第二のステップにおける出力が所定の値を超えた場合に前記ノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、当該出力が所定の値を下回った場合に当該ノッチフィルタに設定された中心周波

数を高周波側にシフトさせること

を特徴とする請求項 7 に記載のサーボ制御方法。

【請求項 1 0】 前記第二のステップでは、

取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を 90° 遅らせた遅延信号とを乗算した後、乗算された出力結果を平均化すること

を特徴とする請求項 9 に記載のサーボ制御方法。

【請求項 1 1】 コンピュータに、

サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す機能と、

前記共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能と、

前記共振周波数側に前記ノッチフィルタの前記中心周波数をシフトさせる機能と

を実現させることを特徴とするプログラム。

【請求項 1 2】 前記サーボ信号中に含まれる前記構造体の前記共振周波数を取り出す機能は、

バンドパスフィルタにサーボ信号を通過させること

を特徴とする請求項 1 1 に記載のプログラム。

【請求項 1 3】 前記共振周波数と前記ノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能は、

取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を 90° 遅らせた遅延信号とを乗算することであり、

前記共振周波数側に前記ノッチフィルタの前記中心周波数をシフトさせる機能は、

前記第二のステップにおける出力が所定の値を超えた場合に前記ノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、当該出力が所定の値を下回った場合に当該ノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせること

を特徴とする請求項 1 1 に記載のプログラム。

【請求項 1 4】 前記共振周波数と前記ノッチフィルタに設定された中心周

波数とのずれを検出する機能は、

取り出された前記共振周波数の信号と前記サーボ信号の位相を90°遅らせた遅延信号とを乗算した後、乗算された出力結果を平均化すること
を特徴とする請求項13に記載のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、機械的な共振の抑制に関し、特に、ノッチフィルタを利用した機械的な共振の抑制に関する。

【0002】

【従来の技術】

コンピュータ装置等の外部記憶装置として広く用いられるハードディスクドライブは、磁気ディスクに記憶されているユーザデータを読み出し、または磁気ディスクにユーザデータを書き込むための磁気ヘッドを備えている。磁気ヘッドは、VCM(Voice Coil Motor)によって揺動するアクチュエータ機構に装着されている。磁気ヘッドがユーザデータの読み取りまたはユーザデータの書き込みを行う場合、アクチュエータ機構を駆動することにより、磁気ヘッドを特定のトラック(ターゲットトラック)に移動且つ位置決めさせる。磁気ヘッドは、磁気ディスク上に記憶されたサーボ情報を手がかりに所定の位置への移動制御がなされる。

【0003】

ハードディスク等の磁気ディスクには、同心円状に複数のデータトラックが形成されていると共に、磁気ディスクの半径方向に沿って識別情報およびバーストパターンが予め記憶されたサーボトラックが形成されている。この識別情報およびバーストパターンが、上述したサーボ情報を構成する。識別情報は、各データトラックのトラックアドレスを表す情報であり、磁気ヘッドによって読み取られた識別情報に基づいて、磁気ヘッドのおおよその位置、すなわち磁気ヘッドがどのデータトラックに対応する位置にいるかを判断できる。また、バーストパターンは、各々信号が記憶された領域が磁気ディスクの半径方向に沿って一定間隔で配列され互いに信号記憶領域の位相が異なる複数のバーストパターン列で構成さ

れている。磁気ヘッドからバーストパターンに応じて出力される信号(ポジション・エラー・シグナル: P E S)に基づいて、磁気ヘッドの細かな位置、すなわち対応しているデータトラックに対し、磁気ヘッドの位置がどの程度ずれているかに関する偏差を検出できる。

【0004】

磁気ディスクに対するユーザデータの読み取りまたは書き込みは、磁気ディスクが回転している状態で、磁気ヘッドで読み取られた識別情報に基づいて磁気ヘッドのおおよその位置を判断しながら磁気ヘッドを移動させて磁気ヘッドをターゲットトラックに対応させ、次に磁気ヘッドからバーストパターンに応じて出力される信号に基づいて磁気ヘッドをターゲットトラックに正確に位置決めした後に行われる。この一連の制御をシーク(Seek)制御という。また、ユーザデータの読み取りまたは書き込みを行っている間も、P E Sに基づいて、ターゲットトラックに対し、磁気ヘッドが追従するようにフィードバック制御が行われる。この一連の制御をフォロイング(Following)制御という。これらは所謂サーボ制御の一例である。

【0005】

このようなサーボ制御において、例えばアクチュエータ等のメカが特定の共振周波数で機械的に共振すると、この共振周波数の振幅がP E Sに重畳されてしまい、磁気ヘッドのシーク動作やフォロイング動作が不安定になってしまうという問題がある。

そこで、従来のハードディスクドライブでは、サーボループ中に共振周波数と同じ中心周波数のノッチフィルタ(Notch Filter)を挿入し、このノッチフィルタによって制御信号に含まれる共振周波数の利得を低減することで、シーク動作およびフォロイング動作を安定させるようにしていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、アクチュエータには微妙な個体差があり、各アクチュエータによってその共振周波数は異なる。また同一のアクチュエータであっても、温度変化によってその共振周波数は変化する。ここで、アクチュエータの共振周波数がノッ

チフィルタに設定された中心周波数を中心とする遮断周波数帯域と著しく異なる場合は、出荷時の検査で異常が露呈するために問題とはならないが、アクチュエータの共振周波数がノッチフィルタの遮断周波数帯域から少しだけずれている場合は、出荷時の検査で異常が判明しにくく、出荷後に問題が判明するおそれがある。特に最近では、記録密度を向上させるためにデータトラックの幅を狭く設定していることから、低周波の外乱による影響を抑制するためにサーボ帯域周波数を上げていく必要があり、比較的高い周波数における機械的共振の影響が顕著になっている。

【 0 0 0 7 】

本発明は、以上の技術的課題を解決するためになされたものであって、その目的とするところは、サーボ制御性能の低下を抑制しながら、アクチュエータ等の共振周波数の影響を低減することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

このようなアクチュエータの共振周波数のばらつきや変化に対する対応策として、ノッチフィルタのQ値を小さくして遮断周波数帯域幅を大きくすることが考えられる。ところが、ノッチフィルタの遮断周波数帯域幅を大きくした場合には、ノッチフィルタに設定された中心周波数よりも低い周波数に存在するサーボ帯域周波数での位相遅れが大きくなってしまい、サーボループの位相余裕が減少してサーボ制御性能の低下を招いてしまう。

そこで、本発明者は、ノッチフィルタの遮断周波数帯域幅を広くする代わりに、遮断周波数(カットオフ周波数)そのものを実際のメカ系の共振周波数に合わせてアクティブに変更することが好ましいという知見を得、本発明を案出するに至った。

【 0 0 0 9 】

すなわち、本発明のデータ記憶装置は、記録媒体に対してデータの読み書きを行うためのヘッドの支持および移動を行うアクチュエータと、ヘッドにて記録媒体を走査して得られる位置誤差信号をフィードバックしアクチュエータの動作を制御するサーボ制御部と、サーボ制御部から送信されたサーボ信号より予め設定

された中心周波数成分の利得を低減するノッチフィルタと、アクチュエータの共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出するずれ検出手段と、ずれ検出手段によるずれ検出結果に基づいてノッチフィルタに設定された中心周波数の設定値を変更する変更手段とを備えることを特徴としている。

【 0 0 1 0 】

ここで、ずれ検出手段は、サーボ制御部から送信されたサーボ信号より共振周波数に対応した中心周波数成分を通過させるバンドパスフィルタと、共振周波数を含む信号を入力とし、信号の共振周波数における位相を所定量シフトさせる位相シフタと、バンドパスフィルタを通過した信号と位相シフタを通過した信号とを乗算する乗算器とを有することが好ましく、また、乗算器により乗算された出力結果を平均化する平均化器をさらに有することが好ましい。

また、位相シフタが、所定量として 90° の位相遅れを生じさせるオールパスフィルタからなることが好ましい。

【 0 0 1 1 】

さらに、変更手段は、乗算器による乗算結果が所定の値を超えた場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、乗算器による乗算結果が所定の値を下回った場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせることが好ましい。

そして、ノッチフィルタは、サーボ制御部から送信されたサーボ信号を通過させるオールパスフィルタと、オールパスフィルタを通過した信号とオールパスフィルタを通過しないサーボ信号とを加算する第一の加算器とを含み、バンドパスフィルタは、オールパスフィルタと、オールパスフィルタを通過した信号の負の値とオールパスフィルタを通過しないサーボ信号とを加算する第二の加算器とを含むことが好ましい。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、コンピュータに、サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す機能と、共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能と、共振周波数側にノッチフィルタの中心周波数をシフトさせる機能とを実現させるプログラムとして把握することができる。

【 0 0 1 3 】

ここで、サーボ信号中に含まれる構造体の共振周波数を取り出す機能は、バンドパスフィルタにサーボ信号を通過させることが好ましく、共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能は、取り出された共振周波数の信号とサーボ信号の位相を 90° 遅らせた遅延信号とを乗算することであり、共振周波数側にノッチフィルタの中心周波数をシフトさせる機能は、第二のステップにおける出力が所定の値を超えた場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を低周波側にシフトさせ、出力が所定の値を下回った場合にノッチフィルタに設定された中心周波数を高周波側にシフトさせることが好ましい。

また、共振周波数とノッチフィルタに設定された中心周波数とのずれを検出する機能は、取り出された共振周波数の信号とサーボ信号の位相を 90° 遅らせた遅延信号とを乗算した後、乗算された出力結果を平均化することが好ましい。

【 0 0 1 4 】

これらのコンピュータに実行させるプログラムは、このコンピュータが読み取り可能に記憶した記憶媒体に格納される形態がある。この記憶媒体としては、例えば CD-ROM 媒体等が該当し、コンピュータにおける CD-ROM 読取装置によってプログラムが読み取られ、例えば、コンピュータにおけるハードディスク等の各種メモリにこのプログラムが格納され、実行される形態が考えられる。また、これらのプログラムは、例えば、プログラム伝送装置によってネットワークを介してノート PC や携帯端末に提供される形態が考えられる。このようなプログラム伝送装置としては、プログラムを格納するメモリと、ネットワークを介してプログラムを提供するプログラム伝送手段とを備えていれば足りる。

【 0 0 1 5 】

また、本発明は、上述したプログラムの発明における各機能をステップで表現した方法の発明として把握することもできる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、実施の形態について詳細に説明する。

ー実施の形態 1ー

図 1 は、実施の形態 1 に係るハードディスクドライブ 1 の主要部を示すブロック図である。このハードディスクドライブ 1 は、磁気ディスク 2、スピンドルモータ 3、磁気ヘッド 4、アクチュエータ 5、VCM(ボイスコイルモータ) 6、DAC(Digital/Analog Converter) 7、VCMドライバ 8、フィルタ回路 9、リード/ライト回路 11、MPU(Micro Processing Unit) 12、HDC(Hard Disc Controller) 13、ROM(Read Only Memory) 14 を有しており、HDC 13 を介してHOST(ホストコンピュータ) 30 に接続されている。このハードディスクドライブ 1 は、スピンドルモータ 3 によって回転駆動される磁気ディスク 2 上を磁気ヘッド 4 がシークし且つ所定のトラック(ターゲットトラック)に留まって磁気ディスク 2 に対してデータを書き込み、または磁気ディスク 2 に書き込まれたデータを読み出す記憶再生装置である。磁気ディスク 2 は、必要に応じて単数または複数搭載されるが、図 1 においては、単数の例を示している。

【0017】

磁気ディスク 2 は、ハードディスクドライブ 1 が動作しているとき、スピンドルモータ 3 のスピンドル軸を中心にして回転駆動され、ハードディスクドライブ 1 が非動作のとき、回転停止(静止)する。

磁気ヘッド 4 は、アクチュエータ 5 の先端部に磁気ディスク 2 の表裏面に対応して二つ保持されている。磁気ヘッド 4 は、磁気ディスク 2 に対してデータの書き込みおよび読み出しを実行する。また、磁気ディスク 2 に記憶されているサーボ情報を読み取る。なお、サーボ情報については後述する。磁気ヘッド 4 は、アクチュエータ 5 と一体となって磁気ディスク 2 の半径方向に移動する。磁気ヘッド 4 が駆動されない場合に待避するためのランプ(図示せず)が、磁気ディスク 2 よりも外方に配置されている。

【0018】

アクチュエータ 5 は、VCM 6 によって駆動される。したがって、VCM 6 が磁気ヘッド 4 を駆動するということもできる。VCM 6 は、コイルを要素とする可動子と永久磁石を要素とする固定子とから構成されており、このコイルに所定の電流をVCMドライバ 8 から供給することにより、可動子を駆動させ、磁気ヘッド 4 を磁気ディスク 2 上のターゲットトラックに向けて移動あるいは停止させ

る。アクチュエータ 5 は、通常の状態において 1 0 5 0 0 H z の共振周波数を有している。

【 0 0 1 9 】

リード／ライト回路 1 1 は、データの読み／書き処理を実行する。つまり、HDC 1 3 を介して H O S T 3 0 から転送された書き込みデータを書き込み信号（電流）に変換して磁気ヘッド 4 に供給する。磁気ヘッド 4 は、この書き込み電流に基づいて磁気ディスク 2 に対してデータの書き込みを実行する。一方、磁気ディスク 2 から読み出した読み出し信号（電流）をデジタルデータに変換して HDC 1 3 を介して H O S T 3 0 に出力する。このデジタルデータには、サーボ情報も含まれている。

【 0 0 2 0 】

HDC 1 3 は、ハードディスクドライブ 1 のインターフェースとしての機能を有している。その機能の一つとして、H O S T 3 0 から転送された書き込みデータを受け取ると共にリード／ライト回路 1 1 に転送する。また、リード／ライト回路 1 1 から転送される読み出しデータを H O S T 3 0 に転送する。さらに、H O S T 3 0 からの指示コマンド等を受けて読み出しデータを M P U 1 2 に転送する。

【 0 0 2 1 】

M P U 1 2 は、ハードディスクドライブ 1 の制御を担う。M P U 1 2 は、サーボコントローラ 1 2 a としての機能を有しており、磁気ヘッド 4 の移動制御、換言すればシーク制御やフォロイング制御も実行する。M P U 1 2 は、ROM 1 4 に格納されたプログラムを解釈、実行する。M P U 1 2（サーボコントローラ 1 2 a）は、リード／ライト回路 1 1 から転送されたサーボ情報に基づいて磁気ヘッド 4 の位置を判断し、判断した磁気ヘッド 4 の位置と目標位置との偏差に基づいて磁気ヘッド 4 の速度制御値を D A C 7 に向けて出力する。磁気ヘッド 4 の移動指令としての速度制御値は、サーボ情報が磁気ヘッド 4 で読み出されるたびに出力される。

【 0 0 2 2 】

D A C 7 は、磁気ヘッド 4 から出力された速度制御値をアナログ信号（電圧信

号)に変換すると共に、VCMドライバ8に出力する。

VCMドライバ8は、DAC7から受けた電圧信号を駆動電流に変換してVCM6に供給する。

フィルタ回路9は、速度制御値中に含まれるアクチュエータ5の共振周波数における利得を低減する機能を有しており、アクチュエータ5の共振周波数における利得を低減した速度制御値をDAC7に受け渡す。また、アクチュエータ5の設定共振周波数と実際の共振周波数との相違を検出する機能を有しており、検出値をMPU12(サーボコントローラ12a)にフィードバックする。このフィルタ回路9の詳細については後述する。

【0023】

HOST30は、CD-ROM、DVD-ROM(DVD Read Only Memory)等のディスク媒体に記録されたプログラムやデータを読み取るディスクドライブ30a、外部のネットワークと通信や各種プログラムのダウンロードを行うためのネットワークインターフェース(NI/F)30bを有している。

【0024】

図2は、磁気ディスク2の記憶面(片面側)を示す図である。磁気ディスク2の表面には、磁気ディスク2の半径方向に沿って複数の位置情報(サーボ情報)記憶領域20が放射状に形成されており、他の領域にはデータ記憶領域21が形成されている。なお、図2には三つの位置情報記憶領域20およびこれらに挟まれたデータ記憶領域21を例示しているが、実際には、磁気ディスク2の円周方向にさらに多くの位置情報記憶領域20およびデータ記憶領域21が形成される。この位置情報記憶領域20に格納されたサーボ情報を磁気ヘッド4が読み取ることにより、磁気ヘッド4の位置を知ることができる。サーボ情報は、トラック識別データとバーストパターンとから構成される。トラック識別情報は、各データトラックのトラックアドレスを表す情報である。磁気ヘッド4がこのトラック識別情報を読み取ることにより、磁気ヘッド4の現在位置するトラック位置が判断可能となる。バーストパターンは、各々信号が記憶された領域が磁気ディスク2の半径方向に沿って一定間隔で配列されたもので、互いに信号記憶領域の位相が異なる複数の信号記憶領域列で構成されている。このバーストパターンから出力さ

れる信号に基づいて、データトラックに対する磁気ヘッド4のずれ量が判定可能となる。

【0025】

図3は、フィルタ回路9の詳細を示す図である。このフィルタ回路9は、サーボコントローラ12aから出力された速度制御値 u が入力されるAPF(All Pass Filter)31と、サーボコントローラ12aからの速度制御値 u とAPF31を通過したAPF通過信号 v とを加算する第一の加算器32とを有している。そして、第一の加算器32の出力 $f(n)$ は、速度制御値としてDAC7に出力されるようになっている。なお、速度制御値 u は、磁気ヘッド4で読み取ったサーボ情報に基づいてサーボコントローラ12aで設定される値であり、アクチュエータ5およびこれに取り付けられた磁気ヘッド4の移動速度を制御するための電流値である。

【0026】

また、フィルタ回路9は、速度制御値 u とAPF31を通過したAPF通過信号 v の負成分 $-v$ とを加算する第二の加算器33と、速度制御値 u が入力されるもう一つのAPF34と、第二の加算器33の出力 $y(n)$ とAPF34の出力 $p(n)$ とを乗算する乗算器35と、乗算器35の出力 $a(n)$ の平均値を計算する平均化器36と、乗算器35の過去の出力 $a(n-1)$ 、 $a(n-2) \cdots$ が一時的に格納されるRAM37とを有している。そして、平均化器36の出力 $\underline{a(n)}$ は、サーボコントローラ12aにフィードバックされるようになっている。

【0027】

図4(a)はAPF31の周波数－ゲイン(利得)特性を、図4(b)はAPF31の周波数－位相特性を示すグラフ図である。本実施の形態において、APF31はデジタルフィルタである。APF31は、図4(a)(b)から明らかなように、周波数に対するゲインは略一定である反面、周波数に対する位相は周波数の関数として 0° から -360° まで変化する。APF31は、中心周波数 f_c で、速度制御値 u に対して 180° の位相遅れが生じた出力 v を出力するようになっている。APF31の伝達関数 $H(z)$ は、以下の式で表される。

【0028】

【数 1】

$$H(z) = \frac{a_2 z^2 + a_1 (1 + a_2) z + 1}{z^2 + a_1 (1 + a_2) z + a_2}$$

但し、

$$a_1 = -\cos(\omega_0 T_s)$$

 ω_0 : 中心周波数 T_s : サンプルングタイム

【0 0 2 9】

なお、本実施の形態では、APF 3 1 の中心周波数 f_c を可変できるようになっており、初期状態では、アクチュエータ 5 (図 1 参照) の通常の共振周波数と同じ 1 0 5 0 0 H z に設定される。

【0 0 3 0】

図 5 は、もう一つの APF 3 4 の周波数－位相特性を示すグラフ図である。本実施の形態では、APF 3 4 もデジタルフィルタである。この APF 3 4 の 9 0 ° 位相遅れが生じる周波数は、APF 3 1 の中心周波数と同じく 1 0 5 0 0 H z に設定されている。つまり、本実施の形態では、APF 3 4 が位相をシフトさせる位相シフタとして作動する。

【0 0 3 1】

図 3 において、第一の加算器 3 2 は、サーボコントローラ 1 2 a からの速度制御値 u と APF 3 1 を通過した APF 通過信号 v とを加算する。図 4 (b) に示したように、APF 通過信号 v は、カットオフ周波数 f_c (1 0 5 0 0 H z) で速度制御値 u に対して 1 8 0 ° の位相遅れが生じている。このため、第一の加算器 3 2 からの出力 $f(n)$ の周波数－ゲイン特性は、図 6 に示すように、1 0 5 0 0 H z を中心周波数とし、その前後の周波数成分も少し低減するノッチが形成されたものとなる。すなわち、APF 3 1 および第一の加算器 3 2 により、1 0 5 0 0 H z を中心周波数とするノッチフィルタが構成されることになる。したがって、サー

ボコントローラ 1 2 a から出力された速度制御値 u は、このノッチフィルタによって $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ 近傍の周波数(アクチュエータ 5 の共振周波数に対応する)における利得が低減された状態で、DAC 7 に出力されることになる。このノッチフィルタの伝達関数 $H(z)$ は、以下の式で表される。なお、図 6 は、サンプリングタイム $39.68 \mu\text{s}$ 、 $a_2 = 0.88205$ のときの関係を示している。

【0 0 3 2】

【数 2】

$$H(z) = \frac{1}{2} (1 + a_2) \frac{z^2 + 2a_1z + 1}{z^2 + a_1(1 + a_2)z + a_2}$$

【0 0 3 3】

また、第二の加算器 3 3 は、サーボコントローラ 1 2 a からの速度制御値 u と APF 3 1 を通過した APF 通過信号 v の負成分 $-v$ とを加算する。換言すれば、速度制御値 u と APF 通過信号 v との差分を計算する。図 4 (b) に示したように、APF 通過信号 v は、カットオフ周波数 $f_c (1 0 5 0 0 \text{ Hz})$ で速度制御値 u に対して 180° の位相遅れが生じている。このため、第二の加算器 3 3 からの出力 $y(n)$ の周波数—ゲイン特性は、図 7 に示すように、 $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ を中心とし、その前後の周波数成分も少し通過するピークが形成されたものとなる。また、出力 $y(n)$ の周波数—位相特性は、図 8 に示すように、 $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ で位相の進み遅れがなくなり、 $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ 未満では位相が進み、 $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ を越えると位相が遅れる特徴を有する。すなわち、APF 3 1 および第二の加算器 3 3 により、 $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ を中心周波数とするバンドパスフィルタが構成されることになる。したがって、サーボコントローラ 1 2 a から出力された速度制御値 u は、このバンドパスフィルタによって $1 0 5 0 0 \text{ Hz}$ 近傍の周波数(アクチュエータ 5 の共振周波数に対応する)のみが通過した状態で、乗算器 3 5 に出力されることになる。

【0 0 3 4】

さらに、乗算器 3 5 は、第二の加算器 3 3 の出力 $y(n)$ と APF 3 4 の出力 $p(n)$

とを乗算する。図 5 に示したように、A P F 3 4 の出力 $p(n)$ は、周波数 1 0 5 0 0 H z で速度制御値 u に対して 90° の位相遅れが生じている。

【 0 0 3 5 】

ここで、A P F 3 1 および第二の加算器 3 3 により構成されるバンドパスフィルタの利得を X 、そのときの位相を Y 、A P F 3 4 による位相遅れを $Z - \pi / 2$ 、バンドパスフィルタへの入力を $\sin(\omega t)$ とすると、バンドパスフィルタの出力 $y(n)$ は、

$$y(n) = X \sin(\omega t + Y)$$

また、A P F 3 4 の出力 $p(n)$ は、

$$p(n) = \sin(\omega t + Z - \pi / 2) = -\cos(\omega t + Z)$$

となり、これらの積 $a(n)$ は、

$$a(n) = -X / 2 \{ \sin(Y - Z) + \sin(2\omega t + Y + Z) \}$$

となる。この直流成分は、バンドパスフィルタの利得および A P F 3 4 の位相により決まる。このため、乗算器 3 5 から出力される電圧 $a(n)$ は、図 9 に示すように、1 0 5 0 0 H z で 0、1 0 5 0 0 H z 未満では負、1 0 5 0 0 H z を越えると正になる。つまり、アクチュエータ 5 の本当の共振周波数が 1 0 5 0 0 H z 未満であるである場合には電圧 $a(n)$ が負の値を示し、アクチュエータの本当の共振周波数が 1 0 5 0 0 H z を越えている場合には電圧 $a(n)$ が正の値を示すことになる。

【 0 0 3 6 】

さらにまた、平均化器 3 6 は、R A M 3 7 に蓄積された乗算器 3 5 の過去の出力電圧 $a(n-1)$ 、 $a(n-2) \cdots$ と、今出力された出力電圧 $a(n)$ との平均を計算し、平均出力 $a(n)$ として出力する。本実施の形態では、過去五回の出力電圧 $a(n-1) \sim a(n-5)$ と今回の出力電圧 $a(n)$ とによって平均値 $a(n)$ を計算するようになっている。

【 0 0 3 7 】

図 1 0 は、フィルタ回路 9 およびサーボコントローラ 1 2 a によるフィードバック制御プロセスを示すフローチャートである。

まず、A P F 3 1 において、所定のタイミングでサーボサンプリングが実行さ

れる(ステップ S 1 0 1)と、バンドパスフィルタ(A P F 3 1 と第二の加算器 3 3 とによって構成される)により、出力 $y(n)$ が計算される(ステップ S 1 0 2)。

次いで、ステップ S 1 0 1 でサンプリングされた値が A P F 3 4 に入力され、A P F 3 4 において出力 $p(n)$ が計算され(ステップ S 1 0 3)、乗算器 3 5 により、 $a(n)$ すなわち $p(n) \times y(n)$ が計算される(ステップ S 1 0 4)。

さらに、この出力 $a(n)$ と、R A M 3 7 に格納された過去の出力 $a(n-1) \sim a(n-5)$ とに基づいて、平均出力 $\underline{a(n)}$ が計算される(ステップ S 1 0 5)。

そして、平均出力 $\underline{a(n)}$ がサーボコントローラ 1 2 a に返送されると、まず、平均出力 $\underline{a(n)}$ が 0.1 (V) より大きいか否かが判断され(ステップ S 1 0 6)、平均出力 $\underline{a(n)}$ が 0.1 (V) より大きいと判断された場合には、ノッチフィルタを構成する A P F 3 1 の中心周波数を所定値(例えば 1 0 H z)だけ低周波側にシフトさせるよう、A P F 3 1 に対して制御信号を送出し(ステップ S 1 0 7)、ステップ S 1 0 1 に戻る。

【 0 0 3 8 】

一方、ステップ S 1 0 6 において平均出力 $\underline{a(n)}$ が 0.1 V よりも小さいと判断された場合には、次に、平均出力 $\underline{a(n)}$ が - 0.1 V よりも小さいか否かが判断され(ステップ S 1 0 8)、平均出力 $\underline{a(n)}$ が - 0.1 V よりも小さいと判断された場合には、ノッチフィルタを構成する A P F 3 1 の中心周波数を所定値(例えば 1 0 H z)だけ高周波側へシフトさせるよう、A P F 3 1 に対して制御信号を送出し(ステップ S 1 0 9)、ステップ S 1 0 1 へと戻る。なお、ステップ S 1 0 8 において、平均出力 $\underline{a(n)}$ が - 0.1 V よりも大きいと判断された場合には、ノッチフィルタを構成する A P F 3 1 の中心周波数を変更することなく、そのままステップ S 1 0 1 へと戻る。

【 0 0 3 9 】

本実施の形態では、A P F 3 1 および第二の加算器 3 3 とで構成されるバンドパスフィルタ、A P F 3 4、乗算器 3 5 を用いてアクチュエータ 5 の現状の共振周波数が、A P F 3 1 の中心周波数の設定値からどの程度ずれているのかを検出し、この検出結果に基づいて A P F 3 1 の中心周波数を適宜調整するようにした。このようにして A P F 3 1 の中心周波数を調整することにより、A P F 3 1 お

よび第一の加算器 3 2 とで構成されるノッチフィルタに設定された中心周波数を、自動的に現状のアクチュエータ 5 の共振周波数に近づけることができる。したがって、アクチュエータ 5 の共振周波数が何らかの理由で変動した場合においても、中心周波数が調整されたノッチフィルタで、速度制御値 u 中に含まれるアクチュエータ 5 の共振周波数における利得を低減してから DAC 7 に出力することが可能となり、サーボ制御性能の低下を抑制することができる。

【 0 0 4 0 】

また、本実施の形態では、乗算器 3 5 からの出力 $a(n)$ と過去の出力 $a(n-1) \sim a(n-5)$ と平均した平均値 $\bar{a}(n)$ をサーボコントローラ 1 2 a にフィードバックするようにしたので、サーボ制御における誤差を小さくすることができる。

さらに、上述した共振周波数と中心周波数との調整動作は、実動作のバックグラウンドで行われるため、周波数調整の実行時間を特別に設定する必要がないという利点もある。

【 0 0 4 1 】

なお、本実施の形態では、サーボコントローラ 1 2 a を MPU 1 2 中に組み込み、フィルタ回路 9 を MPU 1 2 (およびサーボコントローラ 1 2 a) とは別に構成するようにしていたが、これに限られるものではなく、フィルタ回路 9 を MPU 1 2 の機能の一つとして実現させるようにしてもよい。

また、本実施の形態では、APF 3 1、APF 3 4 等をデジタルフィルタで構成していたが、これに限られるものではなく、アナログフィルタであってもよい。そして、本実施の形態では、APF 3 4 への入力を速度制御値 u としていたが、これに限られるものではなく、バンドパスフィルタからの出力 $y(n)$ とした場合にも同様の結果が得られる。

【 0 0 4 2 】

さらに、本実施の形態では、ハードディスクドライブ 1 を例に説明を行ったが、これに限られるものではなく、例えばアクチュエータ 5 に取り付けられた光ピックアップ(ヘッドに対応)を用いて、光ディスク(記録媒体に対応)に対してデータを読み書きする光ディスクドライブ等のデータ記憶装置に対しても、同様に適用することができる。

さらにまた、本実施の形態では、アクチュエータ 5 の共振周波数における利得を低減する例について説明を行ったが、これに限られるものではなく、ハードディスクドライブ 1 を構成する他の構造体の共振周波数の影響を低減する場合にも、同様の手法を適用することができる。

【 0 0 4 3 】

一実施の形態 2 ー

図 1 1 は、実施の形態 2 に係るフィルタ回路 9 を示す図である。本実施の形態は、実施の形態 1 と略同様であるが、オールパスフィルタ (A P F) および加算器によってノッチフィルタやバンドパスフィルタを実現するのではなく、ノッチフィルタおよびバンドパスフィルタを個々に形成している点が異なっている。なお、本実施の形態において、実施の形態 1 と同様のものについては、実施の形態 1 と同じ符号を付してその詳細な説明を省略する。

【 0 0 4 4 】

本実施の形態にかかるフィルタ回路 9 は、N F (ノッチフィルタ) 4 1 を有する N F 回路 4 0 と、B P F (バンドパスフィルタ) 5 1、A P F (オールパスフィルタ) 5 2、乗算器 5 3、平均化器 5 4 および R A M 5 5 を有する B P F 回路 5 0 とを有している。そして、N F 回路 4 0 の出力は D A C 7 (図 1 参照) に接続され、B P F 回路 5 0 の出力はサーボコントローラ 1 2 a にフィードバックされるようになっている。

【 0 0 4 5 】

本実施の形態では、B P F 回路 5 0 によりアクチュエータ 5 (図 1 参照) の現状の共振周波数が、N F 4 1 の中心周波数の設定値からどの程度ずれているのかを検出し、この検出結果に基づいて N F 回路 4 0 における N F 4 1 の中心周波数を適宜調整することにより、実施の形態 1 と同様、自動的に現状のアクチュエータ 5 の共振周波数に近づけることができる。したがって、アクチュエータ 5 の共振周波数が何らかの理由で変動した場合においても、中心周波数が調整された N F 4 1 で、速度制御値 u 中に含まれるアクチュエータ 5 の共振周波数における利得を低減してから D A C 7 に出力することが可能となり、サーボ制御性能の低下を抑制することができる。

【 0 0 4 6 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、サーボ制御性能の低下を抑制しながら、アクチュエータ等の共振周波数の影響を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施の形態 1 に係るハードディスクドライブの主要部を示すブロック図である。

【図 2】 磁気ディスクの記憶面を示す説明図である。

【図 3】 実施の形態 1 で用いたフィルタ回路を示す説明図である。

【図 4】 (a) は A P F の周波数－ゲイン(利得)特性を、(b) は A P F の周波数－位相特性を示すグラフ図である。

【図 5】 もう一つの A P F の周波数－位相特性を示すグラフ図である。

【図 6】 A P F と第一の加算器とで構成されるノッチフィルタの周波数－ゲイン特性を示すグラフ図である。

【図 7】 A P F と第二の加算器とで構成されるバンドパスフィルタの周波数－ゲイン特性を示すグラフ図である。

【図 8】 A P F と第二の加算器とで構成されるバンドパスフィルタの周波数－位相特性を示すグラフ図である。

【図 9】 乗算器の周波数－出力電圧特性を示すグラフ図である。

【図 1 0】 フィルタ回路およびサーボコントローラによるフィードバック制御プロセスを示すフローチャートである。

【図 1 1】 実施の形態 2 で用いたフィルタ回路を示す説明図である。

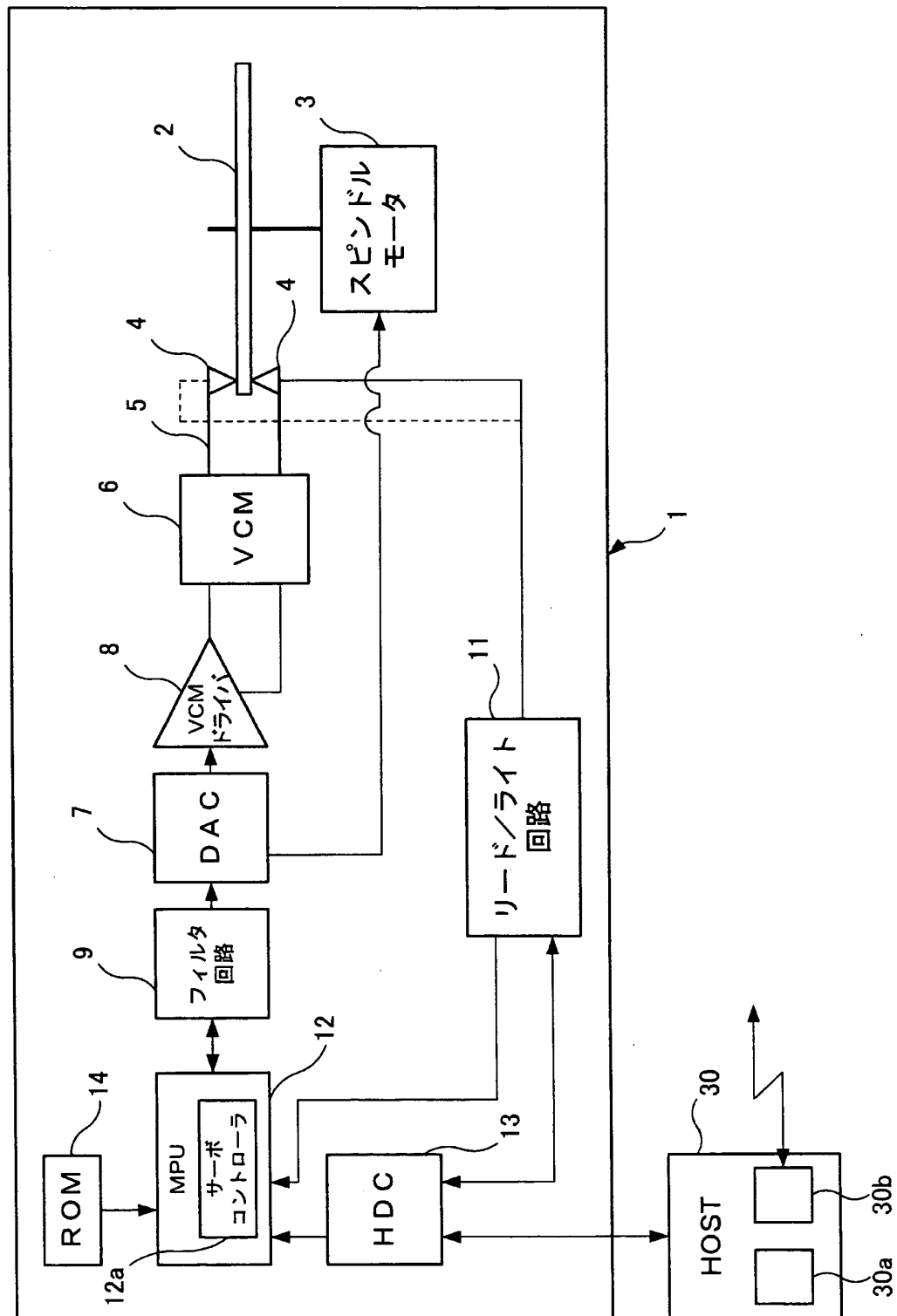
【符号の説明】

1 …ハードディスクドライブ、2 …磁気ディスク、3 …スピンドルモータ、4 …磁気ヘッド、5 …アクチュエータ、6 …VCM、7 …DAC、8 …VCMドライバ、9 …フィルタ回路、1 1 …リード／ライト回路、1 2 …MPU、1 2 a …サーボコントローラ、1 3 …HDC、1 4 …ROM、2 0 …位置情報(サーボ情報)記憶領域、2 1 …データ記憶領域、3 0 …HOST、3 1 …A P F、3 2 …第一の加算器、3 3 …第二の加算器、3 4 …A P F、3 5 …乗算器、3 6 …平均化器

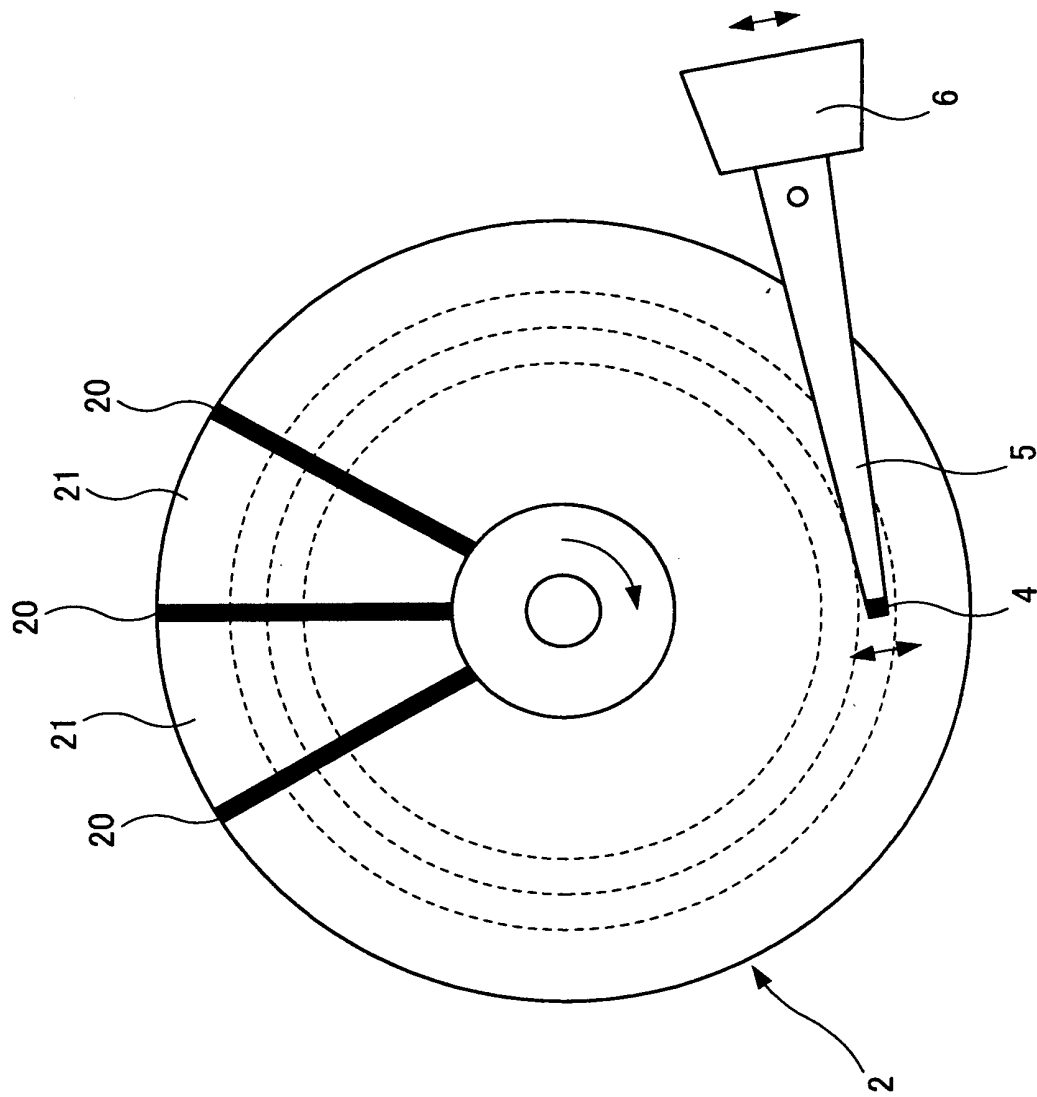
、 3 7 … R A M、 4 0 … N F 回路、 4 1 … N F、 5 0 … B P F 回路、 5 1 … B P
F、 5 2 … A P F、 5 3 … 乗算器、 5 4 … 平均化器、 5 5 … R A M

【書類名】 図面

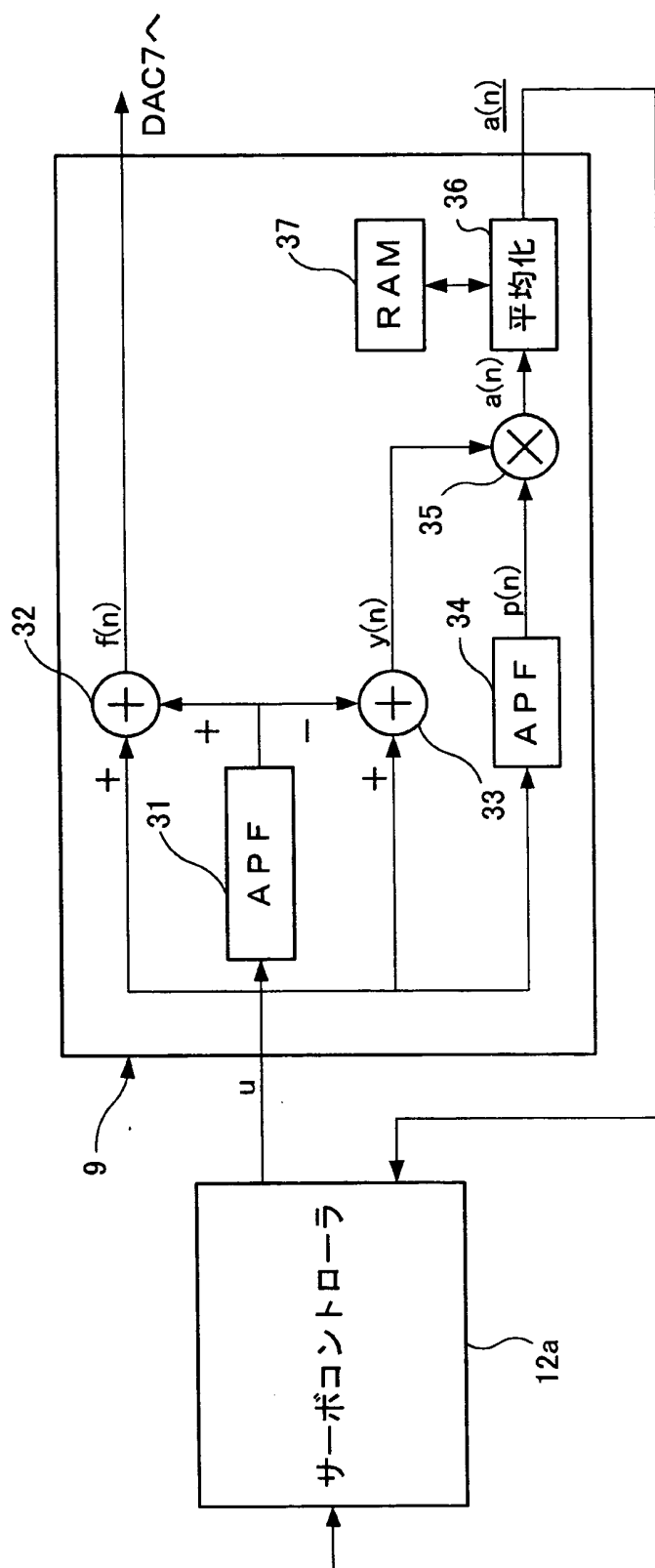
【図 1】



【図2】

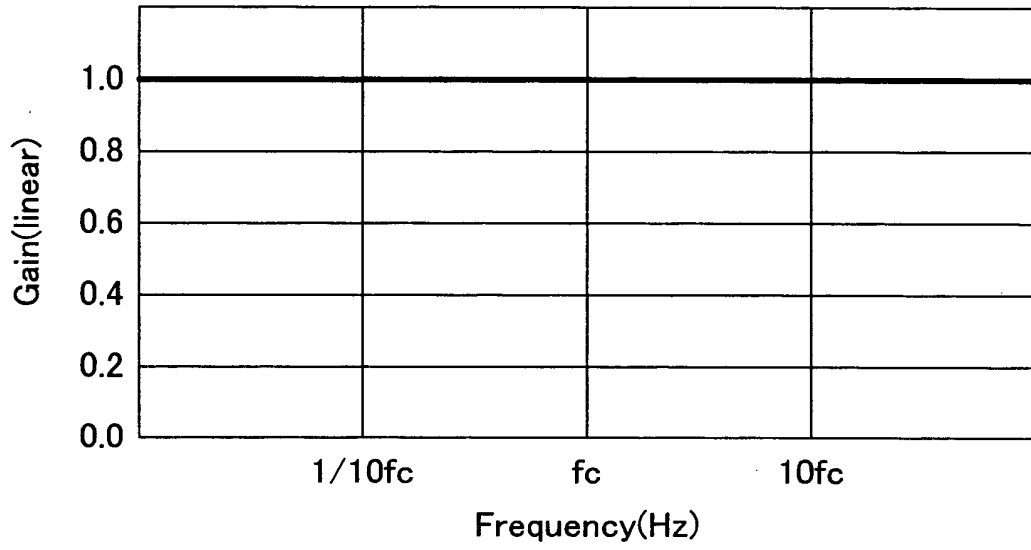


【图 3】

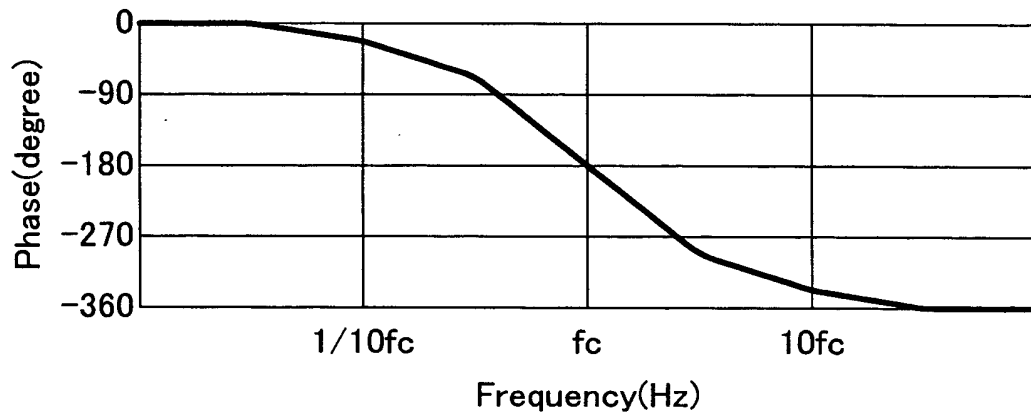


【図 4】

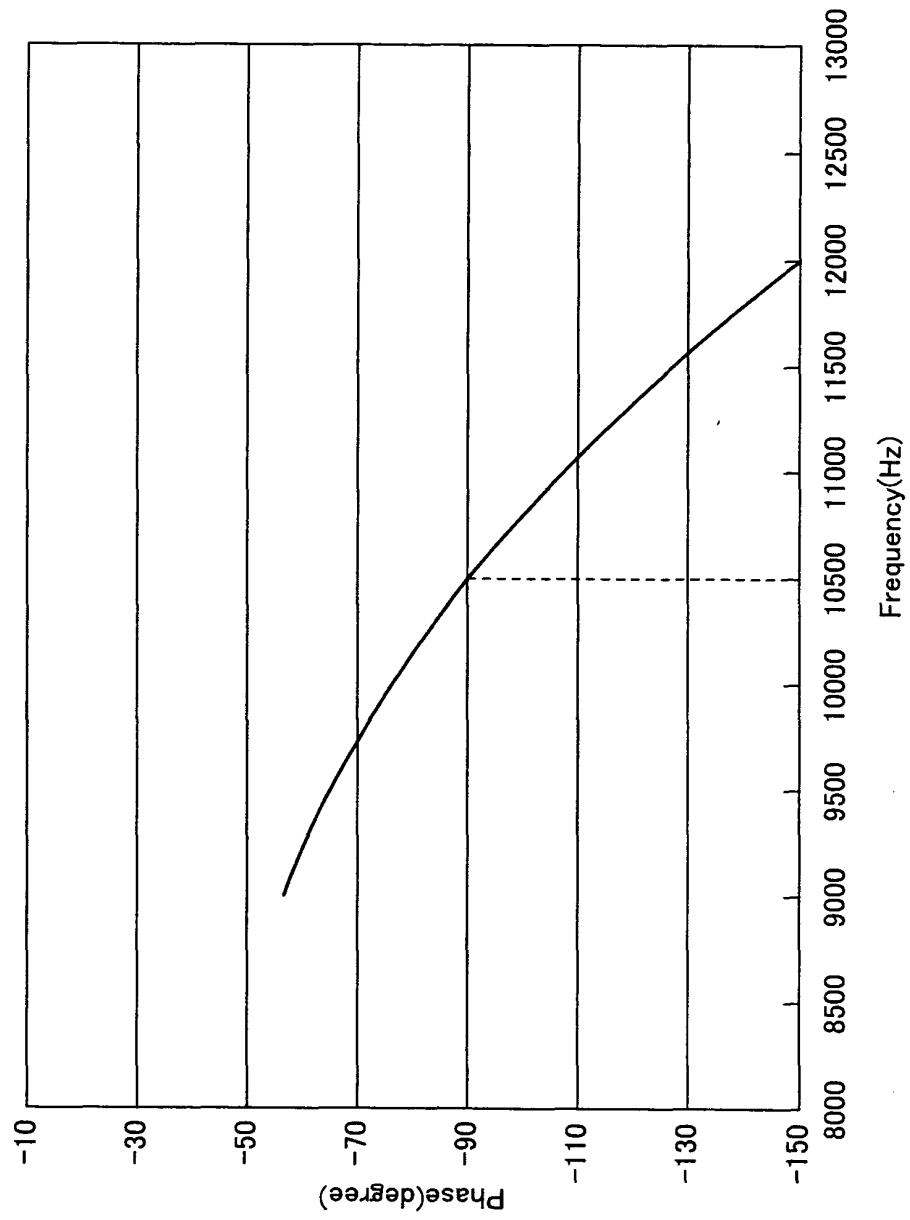
(a)



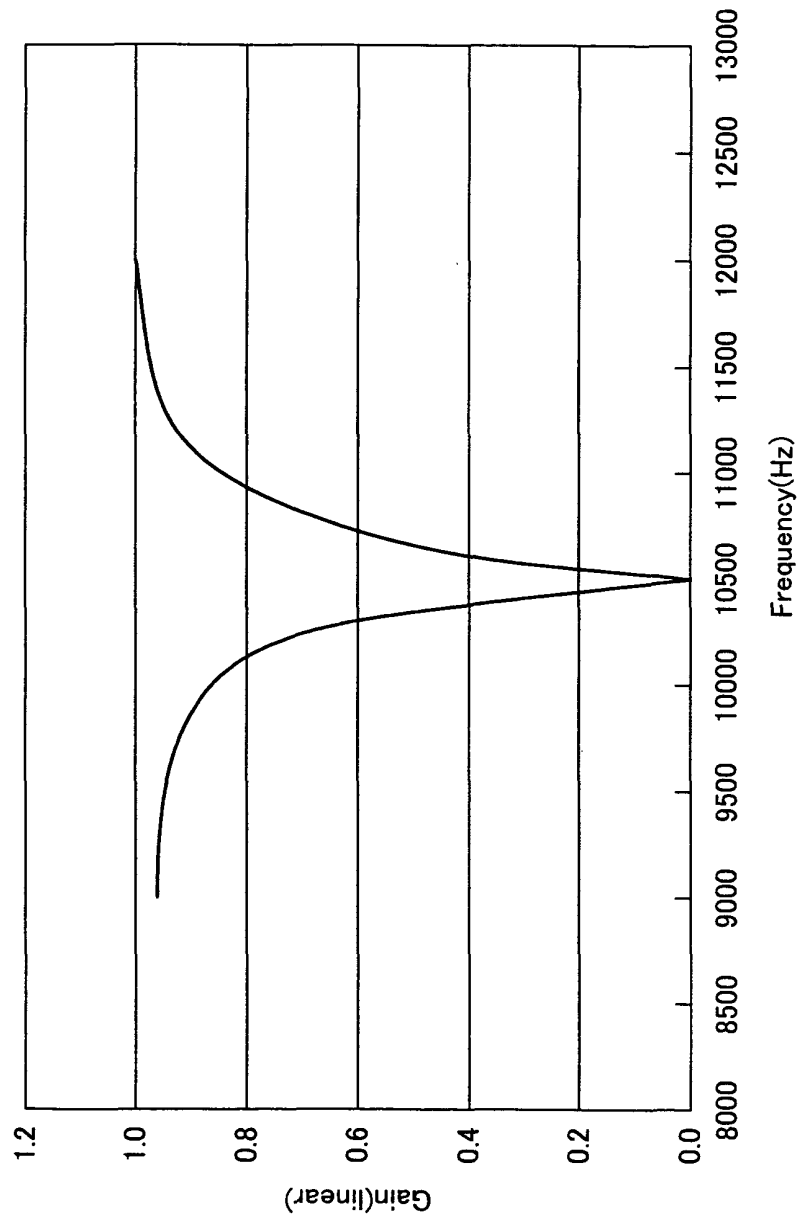
(b)



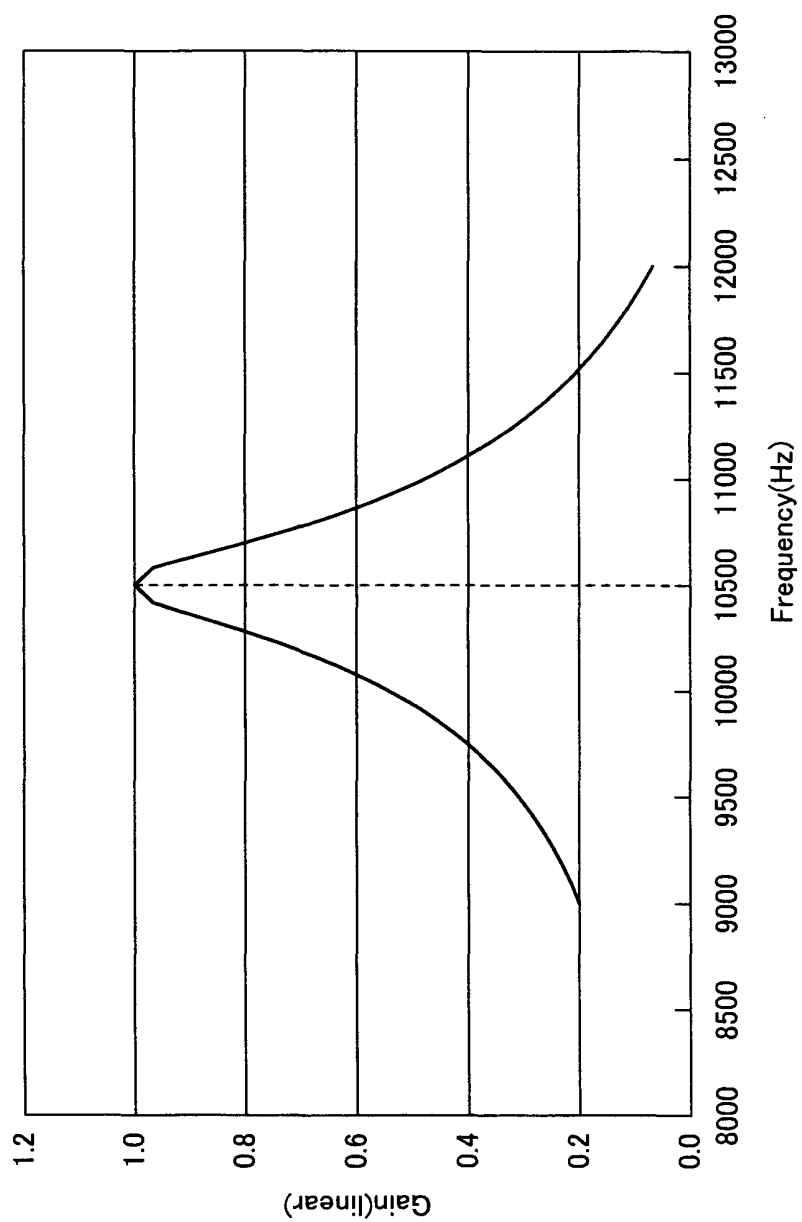
【図 5】



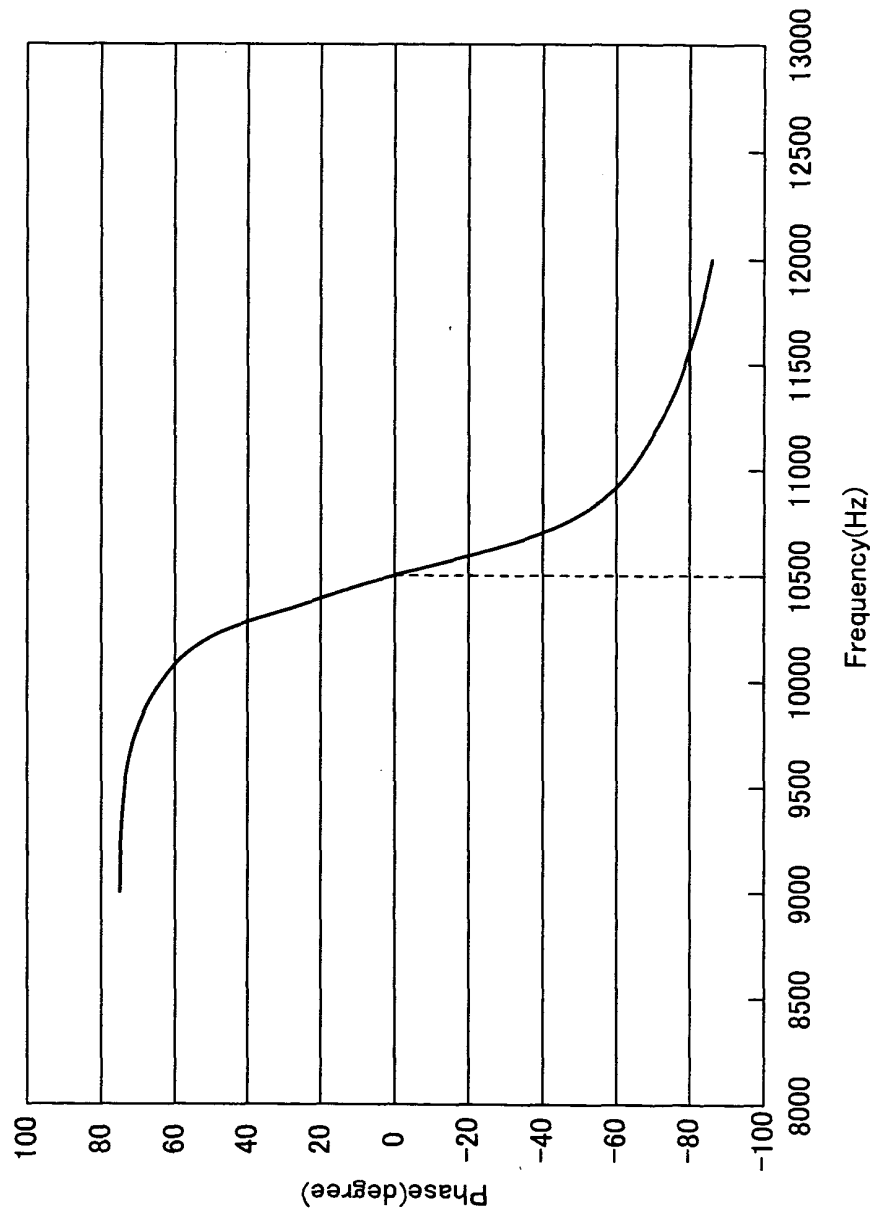
【図 6】



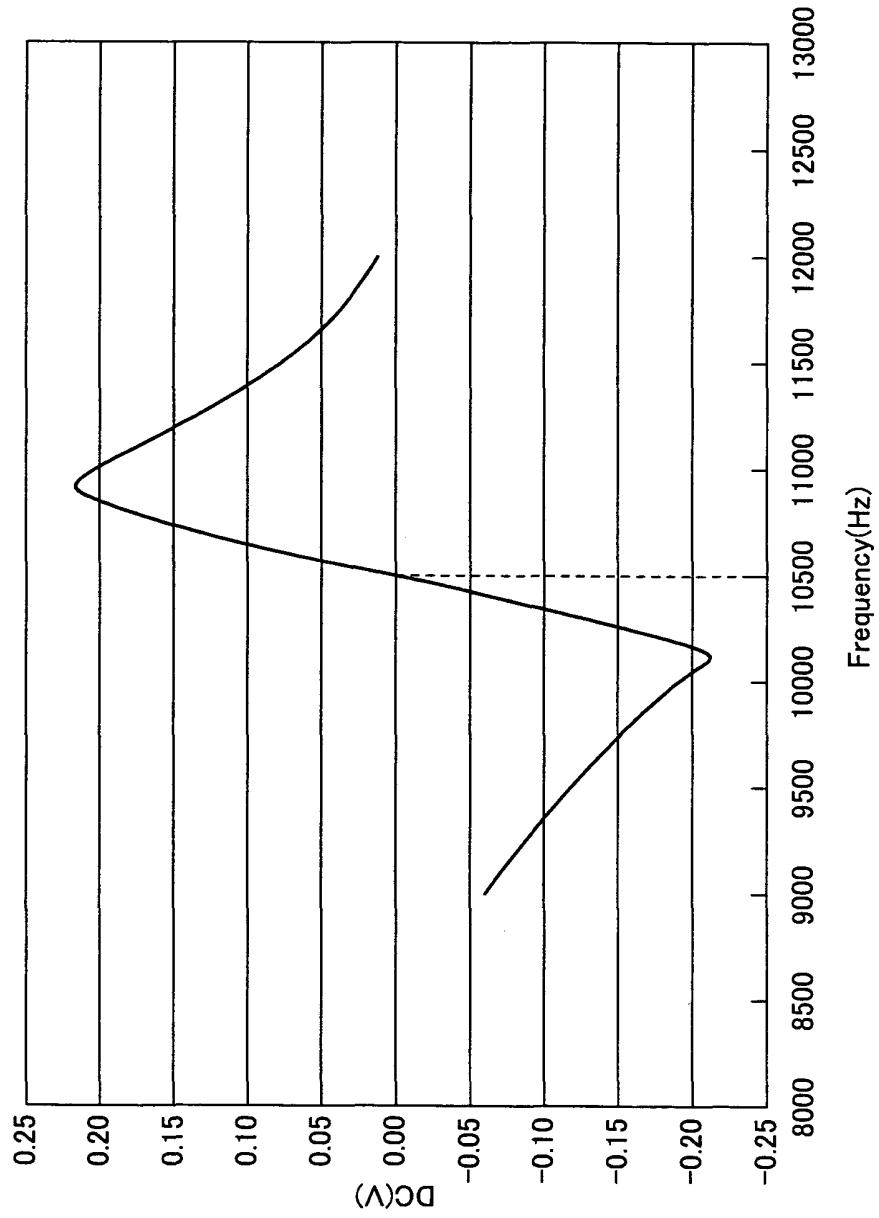
【図 7】



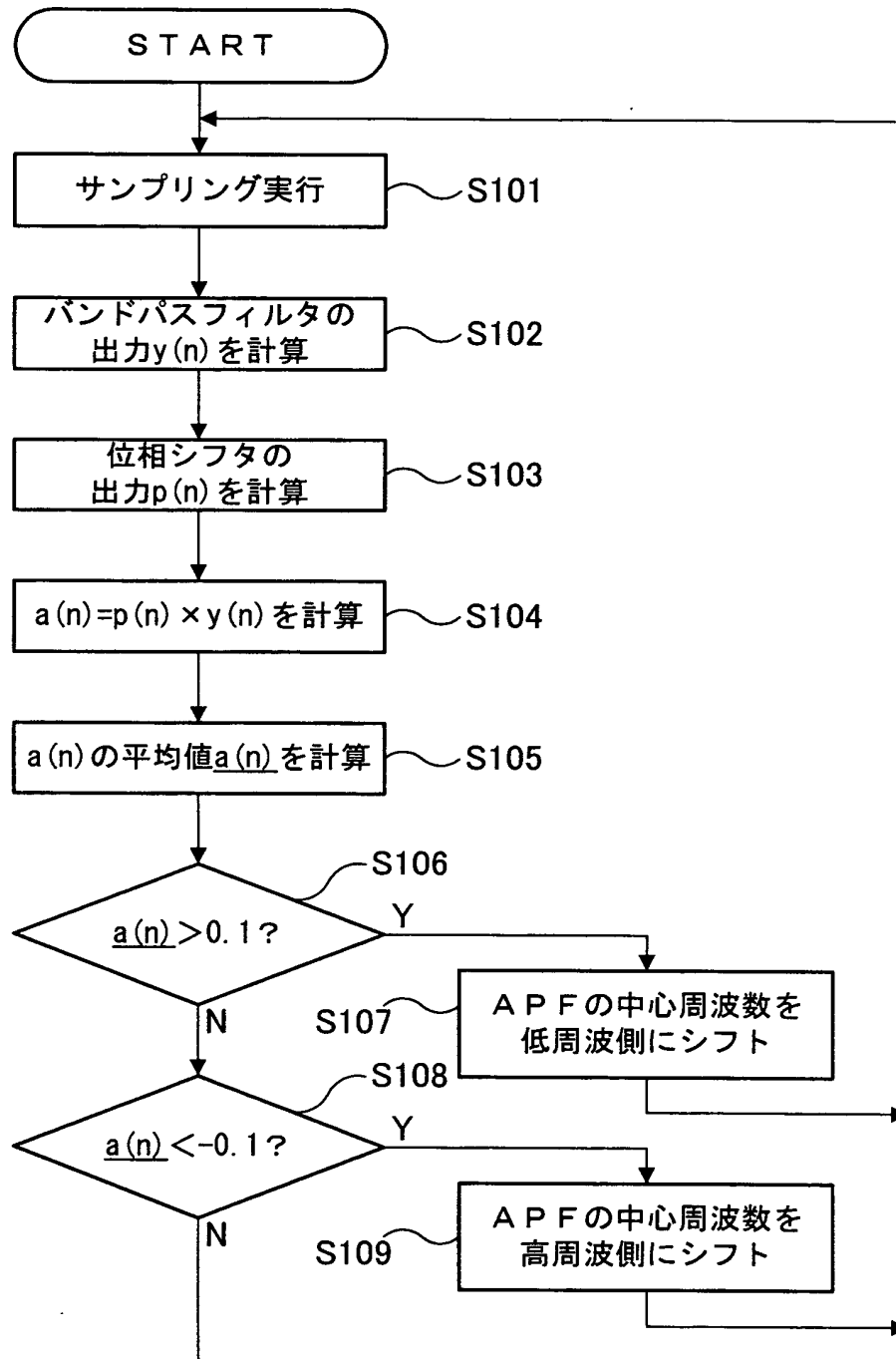
【図 8】



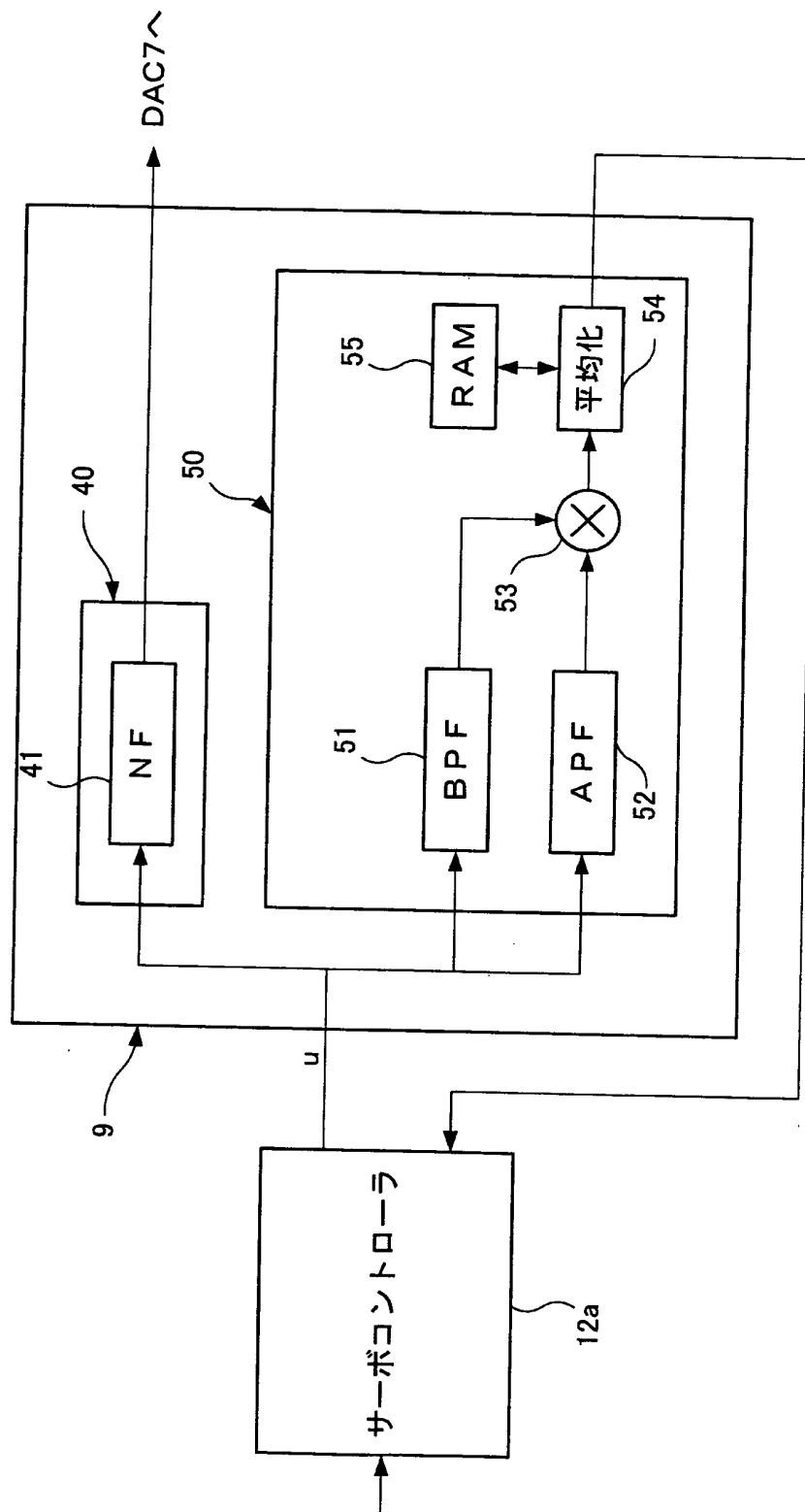
【図 9】



【図 1 0】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 サーボ制御性能の低下を抑制しながら、アクチュエータ等の共振周波数の影響を低減する。

【解決手段】 A P F 3 1 および第二の加算器 3 3 とで構成されるバンドパスフィルタ、A P F 3 4、乗算器 3 5 を用いて、アクチュエータの現状の共振周波数が、A P F 3 1 の中心周波数の設定値からどの程度ずれているのかを検出し、この検出結果に基づいて A P F 3 1 の中心周波数を適宜調整するようにした。このようにして A P F 3 1 の中心周波数を調整することにより、A P F 3 1 および第一の加算器 3 2 とで構成されるノッチフィルタの中心周波数を、自動的に現状のアクチュエータ 5 の共振周波数に近づけることが可能になる。

【選択図】 図 3

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 4 4 2 3 8
受付番号	5 0 2 0 1 2 5 4 2 5 7
書類名	特許願
担当官	金井 邦仁 3 0 7 2
作成日	平成 1 4 年 8 月 2 7 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	390009531
【住所又は居所】	アメリカ合衆国 1 0 5 0 4、ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャード ロード
【氏名又は名称】	インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

【代理人】

【識別番号】	100086243
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1 6 2 3 番地 1 4 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】	坂口 博

【代理人】

【識別番号】	100091568
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1 6 2 3 番地 1 4 日本アイ・ビー・エム株式会社 大和事業所内
【氏名又は名称】	市位 嘉宏

【代理人】

【識別番号】	100108501
【住所又は居所】	神奈川県大和市下鶴間 1 6 2 3 番 1 4 日本アイ・ビー・エム株式会社 知的所有権
【氏名又は名称】	上野 剛史

【復代理人】

【識別番号】	100104880
【住所又は居所】	東京都港区赤坂 5 - 4 - 1 1 山口建設第 2 ビル 6 F セリオ国際特許事務所
【氏名又は名称】	古部 次郎

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390009531]

1. 変更年月日 2002年 6月 3日

[変更理由] 住所変更

住 所 アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク ニ
ュー オーチャード ロード

氏 名 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーショ
ン